

DEVICE FOR DETERMINING THE ADHESION BETWEEN A TYRE AND A ROAD SURFACE

Publication number: DE3939917

Publication date: 1991-06-06

Inventor: WINNER HERMANN DIPL PHYS DR (DE); WITTE STEFAN DIPL PHYS (DE)

Applicant: BOSCH GMBH ROBERT (DE)

Classification:

- **international:** *B60T8/00; B60R16/02; B60T8/172; B60T8/1763; B60T8/00; B60R16/02; B60T8/17; (IPC1-7): G01M17/02; G01N19/02*

- **European:** B60R16/023G; B60T8/172

Application number: DE19893939917 19891202

Priority number(s): DE19893939917 19891202

Also published as:



WO9108129 (A1)



EP0456774 (A1)



EP0456774 (A0)



EP0456774 (B1)

[Report a data error here](#)

Abstract of DE3939917

A device for determining the adhesion between a tyre (13) rolling on a road (15) and the road surface (14) has a plurality of measurement buttons (10) arranged in the tyre sculpture (11) which are associated, by virtue of their geometry, with graduated coefficients of adhesion (mu button). A sensor unit (16) detects those measurement buttons (10) which slide relative to the road surface (14) as the tyre (12) rolls over it. An evaluation unit (17) determines the measurement buttons (10) associated with the highest coefficients of adhesion (mu button, max) from the number of sliding measurement buttons (10) and calculates the instantaneous adhesion (mu R/S) between tyre (12) and road surface (14) from these coefficients of adhesion.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



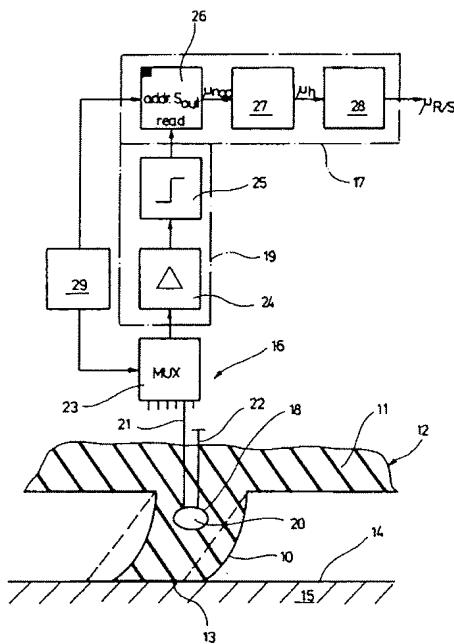
⑯ Aktenzeichen: P 39 39 917.6
⑯ Anmeldetag: 2. 12. 89
⑯ Offenlegungstag: 6. 6. 91

⑯ Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 7000 Stuttgart, DE

⑯ Erfinder:
Winner, Hermann, Dipl.-Phys. Dr.; Witte, Stefan,
Dipl.-Phys., 7500 Karlsruhe, DE

⑯ Vorrichtung zum Bestimmen der Haftreibung zwischen Fahrzeugreifen und Fahrbahndecke

⑯ Eine Vorrichtung zum Bestimmen der Haftreibung zwischen einem auf einer Fahrbahn (15) sich abrollenden Fahrzeugreifen (13) und der Fahrbahndecke (14) weist eine Vielzahl von im Reifenprofil (11) angeordneten Meßnöpfen (10) auf, denen aufgrund ihrer geometrischen Gestaltung in Intervallen abgestufte Reibungskoeffizienten (μ_{nop}) zugeordnet sind. Eine Sensoreinheit (16) erfaßt diejenigen Meßnöpfe (10), die während des Abrollens des Fahrzeugreifens (12) relativ zur Fahrbahndecke (14) gleiten. Eine Auswerteinheit (17) bestimmt aus der Anzahl der gleitenden Meßnöpfe (10) die Meßnöpfe (10) mit dem zugeordneten größten Reibungskoeffizienten ($\mu_{nop,max}$) und berechnet mit diesem die momentane Haftreibung ($\mu_{R/S}$) zwischen Fahrzeugreifen (12) und Fahrbahndecke (14) (Fig. 2).



Beschreibung

Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einer Vorrichtung zum Bestimmen der Haftreibung zwischen einem auf einer Fahrbahn sich abrollenden Fahrzeugreifen und der Fahrbahndecke.

Zur Sicherstellung einer maximalen Kraftschlußbeanspruchung des Fahrzeugs bei Brems-, Beschleunigungs- und Lenkmanövern ist die Kenntnis des momentanen Haftreibungskoeffizienten oder Haftreibungsbeiwerts zwischen den Reifen des Fahrzeugs und der Fahrbahn, der bedingt durch Witterung und Straßen- und Reifenbeschaffenheit ständig variiert, von wesentlicher Bedeutung. Je genauer dabei die gewonnene Aussage über die momentan herrschende Haftreibung ist, desto zuverlässiger können die entsprechenden Anlagen und Einrichtungen des Fahrzeugs auch im Grenzbereich arbeiten.

Bei Bremsanlagen mit Antiblockiersystem und ggf. Antriebsschlupfregelung wird die Haftreibung zwischen Reifen und Fahrbahndecke indirekt über eine Schlupf- sensierung der Räder erfaßt. Sobald an einem Rad Schlupf sensiert wird, ist die Haftreibung überschritten. Allerdings erhält man dabei keine Aussage über die Größe des Haftreibungskoeffizienten.

Für zukunftsweisende Sicherheitsanforderungen im Straßenverkehr, z. B. Anzeige des zum vorausfahrenden Fahrzeug einzuhaltenden Mindestabstand, der von dem erforderlichen Bremsweg bestimmt wird und damit unmittelbar von der momentanen Haftreibung zwischen Fahrzeug und Fahrbahndecke abhängt, ist aber die genaue Kenntnis des momentanen Haftreibungskoeffizienten zwischen Reifen und Straße wesentlich. Bekannte Methoden schätzen hierzu den Haftreibungsbeiwert indirekt über die Beobachtung von Temperatur, Rauhigkeit, Feuchtigkeit der Straße u. ä.

Vorteile der Erfindung

Die erfindungsgemäße Vorrichtung mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 hat den Vorteil, daß der momentane Haftreibungskoeffizient zwischen Reifen und Fahrbahn direkt gemessen wird und zwar unmittelbar am Reifen-Straßen-Kontakt, so daß nicht auf abgeleitete Größen zurückgegriffen werden muß. Dies geschieht mittels spezieller Meßnuppen innerhalb des Reifenprofils, deren Geometrie so bestimmt ist, daß sie bei gleicher Auflagefläche die Auflagekraft des Fahrzeugs in einem ganz bestimmten Verhältnis in eine tangentiale und vertikale Kraftkomponente zerlegen. Ist der Haftreibungskoeffizient zwischen dem Meßnuppen und der Fahrbahn kleiner als das durch die Noppengeometrie bedingte Verhältnis der Kraftkomponenten, was nachfolgend als Reibungskoeffizient des Meßnoppens bezeichnet wird, so verschiebt sich die Auflagefläche des Meßnoppens und der Meßnuppen gleitet während der Abrollbewegung des Reifens.

Gemäß der Erfindung weisen die Meßnuppen unterschiedliche Reibungskoeffizienten auf und die Anzahl der im Reifenprofil vorhandenen Meßnuppen deckt einen weiten Skalenbereich von Reibungskoeffizienten ab. Werden erfindungsgemäß alle gleitenden Meßnuppen detektiert, so ist der momentane Haftreibungskoeffizient zwischen Meßnuppen und Straße durch den Wert des Reibungskoeffizienten desjenigen gleitenden Meßnoppens am stärksten angenähert, der aufgrund

seiner geometrischen Gestaltung den größten Reibungskoeffizienten aufweist. Mit diesem Maximalwert des Reibungskoeffizienten aller gleiten Meßnuppen kann dann der Kraftschlußbeiwert zwischen dem gesamten Fahrzeugreifen und der Fahrbahndecke berechnet werden.

Mit einem einfachen theoretischen Modell läßt sich nachweisen, daß der Haftreibungskoeffizient zwischen Reifen und Straße hinreichend genau erfaßt wird, wenn er als die Hälfte des ermittelten Haftreibungskoeffizienten zwischen Meßnuppen und Fahrbahn angenommen wird. Eine höhere Genauigkeit erhält man dann, wenn der gemessene Haftreibungskoeffizient Meßnuppen/Straße mittels einer empirisch ermittelten Tabelle ggf. unter Berücksichtigung der Fahrgeschwindigkeit umgerechnet wird. Die Tabelle kann z. B. durch Ausmessung von ABS-Bremsungen ermittelt werden.

Durch die in den weiteren Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen der im Anspruch 1 angegebenen Vorrichtung möglich.

Die Sensierung des Zustandes der Meßnuppen hinsichtlich Gleiten/Nichtgleiten erfolgt gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung durch Sensierung einer Verschiebung der Auflageflächen der Meßnuppen während des Abrollens des Fahrzeugreifens. Diese Verschiebung wird z. B. durch Messung der elastischen Verformung der Meßnuppen oder durch Messung der Widerstandsänderung in einem im Meßnuppen eingelagerten Material mit druckabhängigem Widerstand. Es ist auch möglich, in Reifenabrollrichtung zwei Meßnuppen mit gleicher geometrischer Gestaltung anzuordnen, deren Neigungsrichtungen jedoch zueinander gegenläufig sind. Beim Gleiten der Meßnuppen bewegen sich die Gleitflächen aufeinander zu. Dies kann durch Schließen eines elektrischen Schaltkontakte erkannt werden, dessen beide Kontaktteile jeweils auf einem der beiden Meßnuppen auf einander zugekehrten Seiten angeordnet sind.

Um verfälschende Einflüsse äußerer Krafteinwirkung auf die Reifen (Seitenbeanspruchung, Brems- oder Antriebsbeanspruchung) zu kompensieren, ist gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung für jeden Reibungskoeffizientenwert mindestens ein Paar Meßnuppen vorhanden, deren Neigungsrichtung in Reifenabrollrichtung und/oder quer dazu zueinander gegenläufig ist. In jedem Meßnuppen eines Paares addiert sich dann eine Radkraft einmal positiv und einmal negativ zu der von dem Fahrzeuggewicht hervorgerufenen tangentialen Kraftkomponente, so daß der eine Meßnuppen einen zu niedrigen und der andere Meßnuppen einen zu hohen Reibungskoeffizienten liefern würde. Über die erfindungsgemäße Auswertung aller gleitenden Meßnuppen getrennt nach gleicher Neigungsrichtung erhält man zwei getrennte maximale Reibungskoeffizienten. Bei der Mittelwertbildung aus diesen maximalen Reibungskoeffizienten wird die Radkraft eliminiert. Der Mittelwert wird dann zur korrekten Berechnung der Haftreibung zwischen Fahrzeugreifen und Straße benutzt.

Dieses sog. Differentialprinzip läßt sich zur Kompensation sowohl von Reifenlängskräften als auch zur Kompensation von Seitenkräften sowie zur Kombination beider anwenden. Im Grenzfall können die Meßnuppen hohlkegelstumpfförmig ausgebildet werden, was zu einer vereinfachten Fertigung — gegenüber von vier getrennten, in vier verschiedenen Richtungen geneigten Meßnuppen — führt.

Die Erfindung ist anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ausschnittweise einen Längsschnitt eines Reifenprofils eines auf einer Fahrbahndecke sich abrollenden Fahrzeugreifens mit im Reifenprofil integrierten Meßnuppen, vergrößert dargestellt,

Fig. 2 und 3 jeweils ein Blockschaltbild einer Vorrichtung zum Bestimmen der Haftreibung zwischen Fahrzeugreifen und Fahrbahndecke gemäß zweier Ausführungsbeispiele,

Fig. 4 ausschnittweise einen Längsschnitt eines Reifenprofils mit Meßnuppenanordnung gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel,

Fig. 5 eine Unteransicht des Reifenprofilausschnitts mit Meßnuppenanordnung in Fig. 4,

Fig. 6 und 7 jeweils eine gleiche Darstellung wie Fig. 5 für eine Meßnuppenanordnung gemäß weiterer Ausführungsbeispiele.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Die in Fig. 2 im Blockschaltbild dargestellte Vorrichtung zum Bestimmen der Haftreibung bzw. des Haftreibungskoeffizienten oder Haftreibungsbeiwertes μ_{RS} zwischen einem auf einer Fahrbahn 15 (Straße S) sich abrollenden Fahrzeugreifen 12 (Reifen R) und der Fahrbahndecke 14 weist eine Vielzahl von Meßnuppen 10 auf, die im Reifenprofil 11 eines Fahrzeugreifens 12 enthalten sind. In Fig. 1 sind in einem Ausschnitt eines Reifenprofils 11 eines Fahrzeugreifens 12 insgesamt fünf Meßnuppen 101 – 105 aus einer Vielzahl von Meßnuppen 10 dargestellt. Alle Meßnuppen 10 besitzen eine gleich große Auflagefläche 13, mit welcher sie auf der Fahrbahndecke 14 der Fahrbahn oder Straße 15 abrollen. Wie in Fig. 1 am Noppen 101 dargestellt ist, tritt aufgrund der Auflagekraft F_{ges} an der Auflagefläche 13 eine tangentiale Kraftkomponente F_t und eine vertikale Kraftkomponente F_z auf. Das Verhältnis der Kraftkomponenten $F_z/F_t = \mu_{nop}$ hängt von der Geometrie der Meßnuppen 10 ab, genauer gesagt bei gleicher Ausbildung von der unterschiedlichen Neigung ihrer Längsachsen zur Auflagefläche 13. In Fig. 1 weist jeder Meßnuppe 101 – 105 einen unterschiedlichen Neigungswinkel zur Fahrbahndecke 14 auf, so daß jedem Meßnuppen 101 – 105 ein definierter Reibungskoeffizient μ_{nop} zugeordnet ist. Die Werte der Reibungskoeffizienten μ_{nop} nehmen dabei vom Meßnuppen 101 bis zum Meßnuppen 105 in festen Intervallen zu. Ist nun der Haftreibungskoeffizient μ_h zwischen dem individuellen Meßnuppen 10 und der Fahrbahndecke 14 kleiner als der durch die Noppengeometrie bedingte Reibungskoeffizient μ_{nop} , so verschiebt sich die Auflagefläche 13 dieses Meßnoppens 10 beim Abrollen des Fahrzeugreifens 12 relativ zur Fahrbahndecke 14. Der Meßnuppen 10 gleitet. Ist hingegen der Haftreibungskoeffizient μ_h zwischen dem Meßnuppen 10 und der Fahrbahndecke 14 größer als der Reibungskoeffizient μ_{nop} , so verschiebt sich beim Abrollen des Fahrzeugreifens 12 auf der Straße 15 die Auflagefläche 13 des Meßnoppens 10 nicht. Bei der festgelegten Geometrie der Meßnuppen 10 hängt somit das Gleiten oder Nichtgleiten der Meßnuppen 10 von dem momentanen Haftreibungskoeffizienten μ_h ab.

Die Vorrichtung weist deshalb eine Sensoreinheit 16 auf, die den Gleitzustand der Meßnuppen 10 zu erfassen

vermag und somit die gleitenden Meßnuppen 10 innerhalb der Vielzahl von Meßnuppen 10 detektiert. Diejenigen Meßnuppen 10, bei welcher ein Gleitzustand vorliegt, werden einer Auswerteeinheit 17 mitgeteilt. Die Auswerteeinheit 17 bestimmt aus der Anzahl der gleitenden Meßnuppen 10 denjenigen Meßnuppen mit dem zugeordneten größten Reibungskoeffizienten μ_{nop} . Dieser Wert des maximalen Reibungskoeffizienten $\mu_{nop, max}$ ist dem tatsächlichen Haftreibungskoeffizienten μ_h zwischen Meßnuppen 10 und Fahrbahndecke 14 am stärksten angenähert. Mit diesem maximalen Reibungskoeffizienten $\mu_{nop, max}$ berechnet die Auswerteeinheit 17 den momentanen Haftreibungskoeffizienten μ_{RS} zwischen Fahrzeugreifen 12 und Fahrbahndecke 14. Ausreichend genau wird dieser Haftreibungskoeffizient μ_{RS} als halber Wert des maximalen Reibungskoeffizienten $\mu_{nop, max}$ bestimmt. Sind genauere Werte erforderlich, so werden in der Auswerteeinheit 17 Tabellen abgelegt, die den Zusammenhang zwischen dem Haftreibungskoeffizienten μ_h zwischen Meßnuppen 10 und Fahrbahndecke 14 und dem Haftreibungskoeffizienten μ_{RS} zwischen Fahrzeugreifen 12 und Fahrbahndecke 14, ggf. unter Berücksichtigung der Fahrgeschwindigkeit, angeben. Diese Tabellen sind empirisch ermittelt, z. B. über die Ausmessung von ABS-Bremsungen. Mit dem von der Auswerteeinheit 17 ermittelten Haftreibungskoeffizienten μ_h wird dann mittels der Tabellen der Haftreibungskoeffizienten μ_{RS} berechnet.

In dem Ausführungsbeispiel der Vorrichtung gemäß Fig. 2 weist die Sensoreinheit 16 eine Vielzahl von jeweils einem Meßnuppen 10 zugeordneten elektrischen Gleitfühlern 18 und eine mit den Gleitfühlern 18 verbundene Meßvorrichtung 19 auf. Jeder Gleitföhler 18 besteht aus einer in den Meßnuppen 10 eingeschlossenen Einlagerung 20 aus einem Konglomerat elektrisch leitfähigen Materials, dessen elektrischer Widerstand druckabhängig ist. Jede Einlagerung 20 ist über zwei Elektroden 21, 22 mit der Meßvorrichtung 19 verbunden. Der größte Druck auf die Einlagerung 20 entsteht im Falle des nichtgleitenden, unter Auflagedruck stehenden Meßnoppens 10, wie er in Fig. 2 ausgezogen dargestellt ist. Im Gleitzustand, in Fig. 2 strichliniert dargestellt, wird ein geringerer Druck auf die Einlagerung 20 ausgeübt. Beim Übergang des Meßnoppens 10 von dem nichtgleitenden in den gleitenden Zustand tritt somit eine Widerstandsänderung, genauer gesagt eine Widerstandsreduzierung, auf, die von der Meßvorrichtung 19 ausgewertet wird.

Im einzelnen sind alle Gleitfühler 18 in den Meßnuppen 10 an einem Multiplexer 23 angeschlossen, der sukzessive in einer vorgegebenen Reihenfolge alle Gleitfühler 18 an den Eingang der Meßvorrichtung 19 legt. Die Meßvorrichtung 19 weist einen Differenzverstärker 24 und einen Schwellwertkomparator 25 auf. Der Ausgang des Schwellwertkomparators 25 ist mit der Auswerteeinheit 17 verbunden, die einen Speicher 26, einen Maximumdetektor 27 und ein Rechenwerk 28 umfaßt. In dem Speicher 26 sind alle Reibungskoeffizienten μ_{nop} , die der Vielzahl der im Reifenprofil 11 vorhandenen Meßnuppen 10 zugeordnet sind, unter Adressen abgelegt. Ein Adreßgenerator 29 legt eine Ausleseadresse an den Speicher 26, während ein Ausgangssignal des Schwellwertkomparators 25 als Auslesebefehl an den Speicher 26 gelangt. Der Adreßgenerator 29 steuert den Multiplexer 23 so, daß immer derjenige Gleitföhler 18 an die Meßvorrichtung 19 angeschlossen ist, der in dem im Speicher 26 jeweils adressierten Meßnuppen 10 angeordnet ist.

Die Meßvorrichtung gemäß Fig. 2 arbeitet wie folgt: Die Gleitfühler 18 werden sukzessive durch den Multiplexer 23 mit der Meßvorrichtung 19 verbunden. Die Steuerung des Multiplexers 23 erfolgt durch den Adreßgenerator 29 der adreßsynchron den Speicher 26 steuert. Solange alle Meßnuppen 10 nicht gleiten, besitzen die Einlagerungen 20 etwa in den gleichen Widerstand, und alle Gleitfühler 18 liefern annähernd ein gleiches Meßsignal, so daß die Differenz am Eingang des Differenzverstärkers 24 annähernd Null ist. Ist ein Meßnuppen 10 in den Gleitzustand übergegangen und nimmt die in Fig. 2 strichlierte Stellung ein, so sinkt der Widerstand der Einlagerung 20 und am Eingang des Differenzverstärkers 20 liegt ein Differenzsignal, das verstärkt dem Schwellkomparator 25 zugeführt wird. Der Schwellwertkomparator 25 vergleicht das Differenzsignal mit einem vorgegebenen Schwellwert. Wird dieser überschritten, so wird ein Auslesebefehl an den read-Eingang des Speichers 26 gelegt. Aus dem Speicher 26 wird der Wert des Reibungskoeffizienten μ_{nop} ausgelesen, der dem Meßnuppen 10 zugehörig ist, dessen Gleitfühler 18 momentan von dem Multiplexer 23 an der Meßvorrichtung 19 angeschlossen ist. Der ausgelesene Wert des Reibungskoeffizienten μ_{nop} wird im Maximumdetektor 27 mit dem zuvor von dem Speicher 26 ausgegebenen Wert des Reibungskoeffizienten μ_{nop} eines ebenfalls gleitenden Meßnoppens 10 verglichen. Der jeweils größere Wert wird im Maximumdetektor 27 abgespeichert und wiederum mit dem vom Speicher 26 nachfolgend ausgegebenen Reibungskoeffizienten μ_{nop} verglichen. Nach einem Meßdurchlauf, in dem alle Gleitfühler 18 einmal durch den Multiplexer 23 mit der Meßvorrichtung 19 verbunden worden sind, wird der im Maximumdetektor 27 abgespeicherte maximale Wert des Reibungskoeffizienten $\mu_{nop, max}$ an das Rechenwerk 28 gegeben, das — wie vorstehend bereits kurz beschrieben — aus diesen, für den momentanen Haftreibungskoeffizienten μ_h zwischen Meßnuppen 10 und Fahrbahndecke 14 charakteristischen Wert des Reibungskoeffizienten $\mu_{nop, max}$ die momentane Haftreibung μ_{RS} zwischen Fahrzeugreifen 12 und Fahrbahndecke 14 berechnet.

In Fig. 3 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung zur Bestimmung der Haftreibung skizziert. Die Sensoreinheit 16 sensiert hier die Verschiebung der Auflageflächen 14 der Meßnuppen 10 innerhalb des Reifenprofils 11 als charakteristische Kenngröße für den Gleitzustand der Meßnuppen 10 in einer anderen Weise als bei der Vorrichtung in Fig. 2. Zwei Meßnuppen 106, 107 sind jeweils einander räumlich zugeordnet. Die beiden Meßnuppen 106, 107 weisen eine gleiche Noppengestaltung auf, so daß ihnen der gleiche Reibungskoeffizient zugehörig ist, sind aber mit in Reifenabrollrichtung gegenläufiger Neigungsrichtung angeordnet. Auf einander zugekehrten Flächen tragen die Meßnuppen 106, 107 jeweils ein Kontaktellement 31, 32 eines Schaltkontakte 30. Der Schaltkontakt 30 ist jeweils in einer Verbindungsleitung zwischen einem Signalgenerator 33 und den Eingängen des Multiplexers 23 angeordnet. Der Ausgang des Multiplexers 23 ist unmittelbar mit der Auswertevorrichtung 17 verbunden, die identisch ausgebildet ist wie in Fig. 2. Die Adressierung des Multiplexers 23 und des Speichers der Auswerteeinheit 17 erfolgt wiederum durch den Adreßgenerator 29 in synchroner Weise, so daß im Speicher der Auswerteeinheit 17 immer derjenige Wert des Reibungskoeffizienten μ_{nop} des Meßnuppenpaars 106, 107 adressiert ist, dessen Schaltkontakt 30 momentan in der Verbindung

zwischen Signalgenerator 33 und Auswerteeinheit 17 liegt.

Im nichtgleitenden Zustand des Meßnuppenpaars 106, 107 weisen die Kontaktelemente 31, 32 einen vorbestimmten Abstand voneinander auf, der Schaltkontakt 30 ist geöffnet. Gleiten die beiden Meßnuppen 106, 107, so bewegen sich ihre Auflageflächen 14 aufeinander zu und der Schaltkontakt 30 wird geschlossen. Damit legt der Signalgenerator 33 über den Multiplexer 23 einen Auslesebefehl an den Speicher der Auswerteeinheit 17. Der dem Meßnuppenpaar 106, 107 zugeordnete Reibungskoeffizient μ_{nop} wird aus dem Speicher ausgelernt und dem Maximumdetektor der Auswerteeinheit 17 zugeführt. Die Auswerteeinheit 17 arbeitet in gleicher Weise wie zu Fig. 2 beschrieben.

Um bei der Bestimmung des Haftreibungskoeffizienten μ_{RS} zwischen Fahrzeugreifen 12 und Fahrbahndecke 14 den verfälschenden Einfluß äußerer Krafteinwirkung auf den Fahrzeugreifen 12, z. B. Seitenbeanspruchung, Brems- und/oder Antriebsbeanspruchung, zu kompensieren, wird eine in Fig. 4 ausschnittweise schematisch dargestellte sog. Differentialanordnung verwendet. Für jeden Reibungskoeffizienten μ_{nop} , der im Speicher 26 der Auswerteeinheit 17 abgespeichert ist, ist mindestens ein Paar Meßnuppen 10', 10'' im Reifenprofil 11 vorhanden, deren Neigungsrichtung in Reifenabrollrichtung zueinander gegenläufig ist. In dem Meßnuppen 10' addiert sich zur Tangentialkraft F_x eine durch Brems- oder Antriebsbeanspruchung erzeugte Radkraft F_R , während bei dem Meßnuppen 10'' diese Radkraft F_R von der tangentialen Kraft F_x subtrahiert wird. In der Auswerteeinheit 17 erfolgt die Bestimmung desjenigen Meßnoppens 10', 10'' mit dem größten Reibungskoeffizienten $\mu_{nop, max}$ aus der Anzahl der gleitenden Meßnuppen 10', 10'' jeweils getrennt nach Meßnuppen 10' bzw. 10'' mit gleicher Neigungsrichtung. Der Reibungskoeffizient μ_h zwischen den Meßnuppen 10 und der Fahrbahndecke 14 wird nicht mehr durch den maximalen Reibungskoeffizienten $\mu_{nop, max}$ aller Meßnuppen 10 angenähert, sondern durch den Mittelwert des maximalen Reibungskoeffizienten $\mu_{nop, max}$ aller Meßnuppen 10' und des maximalen Reibungskoeffizienten $\mu_{nop, max}$ aller Meßnuppen 10''. Mit diesem Mittelwert wird dann der Haftreibungskoeffizient μ_{RS} zwischen Fahrzeugreifen 12 und Fahrbahndecke 14 in der beschriebenen Weise berechnet.

Fig. 5 zeigt eine Unteransicht des in Fig. 4 dargestellten Meßnuppenpaars 10', 10'', das in das Reifenprofil 11 des Fahrzeugreifens 12 integriert ist. Mit 13 sind wiederum die Auflageflächen der Meßnuppen 10', 10'' auf der Fahrbahndecke 14 bezeichnet.

Zur Eliminierung des verfälschenden Einflusses einer Seitenbeanspruchung des Fahrzeugreifens 12 auf die Bestimmung der Haftreibung zwischen dem Fahrzeugreifen 12 und der Fahrbahndecke 14 wird, wie in Fig. 6 schematisch dargestellt ist, für jeden Reibungskoeffizienten μ_{nop} , der für die Vielzahl der Meßnuppenpaare 10', 10'' im Speicher 26 der Auswerteeinheit 17 abgespeichert ist, ein weiteres Paar Meßnuppen 10* und 10** vorgesehen, deren Neigungsrichtung quer zur Reifenabrollrichtung zueinander gegenläufig ist. Die Reifenabrollrichtung ist in Fig. 4 – 7 durch einen Pfeil 34 gekennzeichnet. Auch in diesem Fall werden von der Auswerteeinheit die gleitenden Meßnuppen 10', 10** mit dem größten Reibungskoeffizienten $\mu_{nop, max}$ für beide Arten von Meßnuppen 10* und 10** getrennt bestimmt und aus den beiden ermittelten maximalen Reibungskoeffizienten der Mittelwert gebildet.

Anstelle der in Fig. 6 vorzusehenden vier Meßnuppen 10', 10'', 10* und 10** für jeden abgespeicherten Reibungskoeffizienten μ_{nop} kann — wie in Fig. 7 in Unteransicht dargestellt ist — ein einziger Meßnuppen 35 verwendet werden, der hohlkegelstumpfförmig ausgebildet ist.

Die Auflagefläche 13 dieses Meßnoppens 35 ist ringförmig und stellt sozusagen den Grenzfall der paarigen Anordnung aus vier getrennten Meßnuppen gemäß Fig. 6 dar. Die Verhaltensweise des Meßnoppens 35 im Gleit- bzw. Nichtgleitzustand entspricht identisch derjenigen der in Fig. 6 beschriebenen Meßnuppenanordnung aus jeweils vier zueinander rechtwinklig ausgerichteten Meßnuppen 10', 10'', 10*, 10**. Die Auswertung in der Auswerteeinheit erfolgt ebenfalls in identischer Weise.

Die Erfindung ist nicht auf die beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt. So kann die Sensoreinheit 16 das Verschieben der Auflageflächen 13 der Meßnuppen 10 innerhalb des Reifenprofils 11 als Charakteristikum ihres Gleitzustands auch durch Messen der elastischen Verformung der Meßnuppen 10, z. B. mittels Dehnungsmeßstreifen, sensieren. Zweckmäßigerweise bilden wiederum zwei Meßnuppen 10 gleicher Noppengestaltung aber in Reifenabrollrichtung gegenläufiger Neigungsrichtung ein Noppenpaar. Jeder Meßnuppen 10 trägt einen Dehnungsmeßstreifen. Der Unterschied der elastischen Verformung in den beiden Meßnuppen 10 des Noppenpaars wird zur Erkennung des Gleitzustandes des Noppenpaars ausgewertet.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Bestimmen der Haftreibung zwischen einem auf einer Fahrbahn sich abrollenden Fahrzeugreifen und der Fahrbahndecke, dadurch gekennzeichnet, daß im Reifenprofil (11) eine Vielzahl von Meßnuppen (10) angeordnet ist, denen aufgrund ihrer geometrischen Gestaltung jeweils ein definierter Reibungskoeffizient (μ_{nop}) zugeordnet ist, der durch das Verhältnis der Normalkomponente (F_z) zur Tangentialkomponente (F_x) des vom Meßnuppen (10) in die Fahrbahn (15) eingeleiteten Auflagedrucks festgelegt ist, wobei die Reibungskoeffizienten (μ_{nop}) der Meßnuppen (10) gegeneinander, vorzugsweise um gleiche Intervalle, abgestuft sind, daß eine Sensoreinheit (16) vorgesehen ist, die diejenigen Meßnuppen (10) erfaßt, die während des Abrollens des Fahrzeugreifens (12) relativ zur Fahrbahndecke (14) gleiten, und daß eine Auswerteeinheit (17) vorgesehen ist, die aus der Anzahl der gleitenden Meßnuppen (10) den Meßnuppen (10) mit dem zugeordneten größten Reibungskoeffizienten ($\mu_{nop, max}$) bestimmt und mit diesem, für den momentanen Haftreibungskoeffizienten (μ_h) zwischen Meßnuppen (10) und Fahrbahndecke (14) charakteristischen Reibungskoeffizienten ($\mu_{nop, max}$) die momentane Haftreibung ($\mu_{R/S}$) zwischen Fahrzeugreifen (12) und Fahrbahndecke (14) berechnet.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß alle Meßnuppen (10) die gleiche Auflagefläche (13) aufweisen und daß ihre unterschiedlichen Reibungskoeffizienten (μ_{nop}) durch unterschiedliche Neigung ihrer Längsachsen zur Auflagefläche (13) eingestellt sind.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoreinheit (16) ein Gleiten der Meßnuppen (10) durch mittel- oder un-

mittelbare Sensierung einer Verschiebung der Auflageflächen (13) der Meßnuppen (10) innerhalb des Reifenprofils (11) erfaßt.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils zwei Meßnuppen (106, 107) mit in Reifenabrollrichtung gegenläufigem Neigungsrichtung aber sonst gleicher Noppengestaltung einander räumlich unmittelbar zugeordnet sind und daß die Sensoreinheit (16) eine Abstandsänderung zwischen den Auflageflächen (13) des Noppenpaars (106, 107) als Kriterium für den Gleitzustand der Meßnuppen (106, 107) detektiert.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoreinheit (16) eine Vielzahl von jeweils einem Noppenpaar zugeordneten, in einem elektrischen Schaltkreis angeordneten Schaltkontakten (30) aus jeweils zwei Kontaktlementen (31, 32) aufweist, von denen jeweils eines an einem Meßnuppen (106, 107) eines Noppenpaars auf einander zugekehrten Seiten angeordnet ist, und daß die Anordnung der Meßnuppen (106, 107) des Noppenpaars so getroffen ist, daß bei einer Abstandsänderung der Auflageflächen (13) des Noppenpaars der Schaltkontakt (30) schließt.
6. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoreinheit (16) Mittel zur Messung der elastischen Verformung der Meßnuppen, z. B. Dehnungsmeßstreifen, aufweist und den Unterschied der elastischen Verformung in den beiden Meßnuppen (10) des Noppenpaars als Kriterium für den Gleitzustand der Meßnuppen auswertet.
7. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß für jeden Wert des Reibungskoeffizienten (μ_{nop}) mindestens ein Paar Meßnuppen (10', 10''; 10*, 10**) vorhanden ist, deren Neigungsrichtung in Reifenabrollrichtung (34) und/oder quer dazu zueinander gegenläufig ist, und daß die Auswerteeinheit (17) die Bestimmung des Meßnoppens (10', 10'') mit dem größten Reibungskoeffizienten ($\mu_{nop, max}$) aus der Anzahl der gleitenden Meßnuppen (10', 10''; 10*, 10**) jeweils getrennt nach Meßnuppen (10' bzw. 10''; 10* bzw. 10**) mit der gleichen Neigungsrichtung vornimmt und zur Berechnung der momentanen Haftreibung ($\mu_{R/S}$) zwischen Fahrzeugreifen (12) und Fahrbahndecke (14) den Mittelwert der bestimmten maximalen Reibungskoeffizienten ($\mu_{nop, max}$) der Meßnuppen (10', 10''; 10*, 10**) heranzieht.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßnuppenpaare durch eine hohlkegelstumpfförmige Noppenausbildung (35) realisiert ist.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3, 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoreinheit (16) eine Vielzahl von jeweils einem Meßnuppen (10) zugeordnete elektrische Gleitfühler (18) und eine mit diesen verbundene Meßvorrichtung (19) aufweist, daß jeder Gleitfänger (18) aus einer in dem Meßnuppen (10) eingeschlossenen Einlagerung (20) eines elektrisch leitfähigen Materials besteht, dessen elektrischer Widerstand druckabhängig ist, und daß die Meßvorrichtung (19) die Widerstandsänderung aller Gleitfühler (18) mißt, mit einem Schwellwert vergleicht und die Schwellwertüberschreitung als Gleitzustand des Meßnoppens (10) interpretiert.

— Leerseite —

Fig. 1

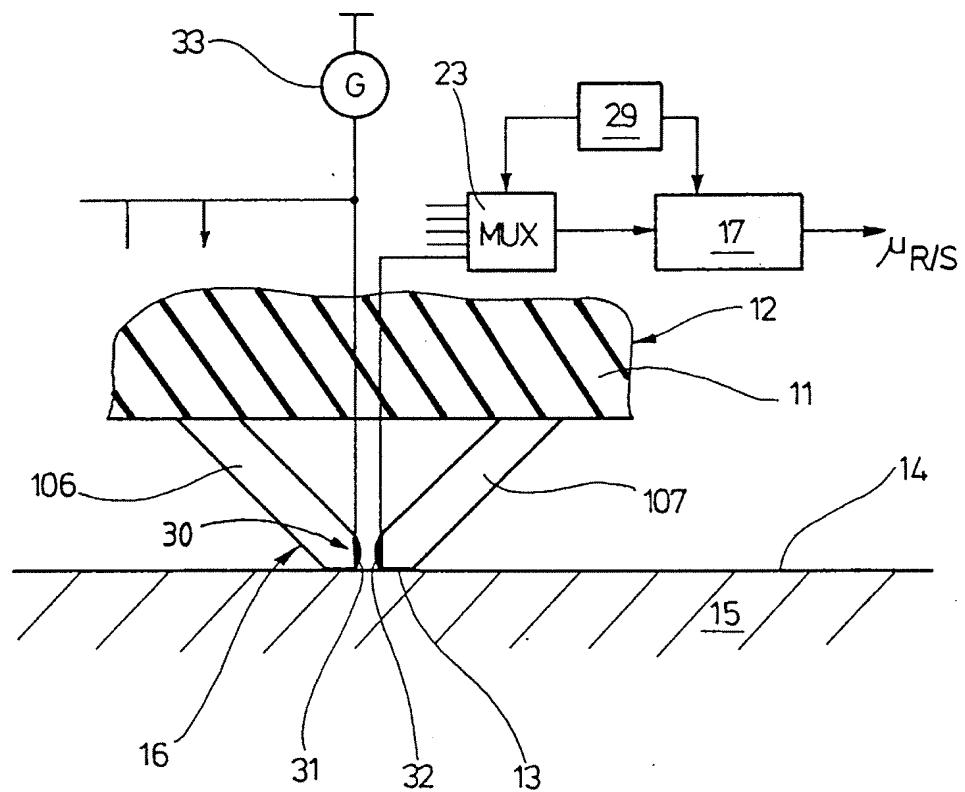
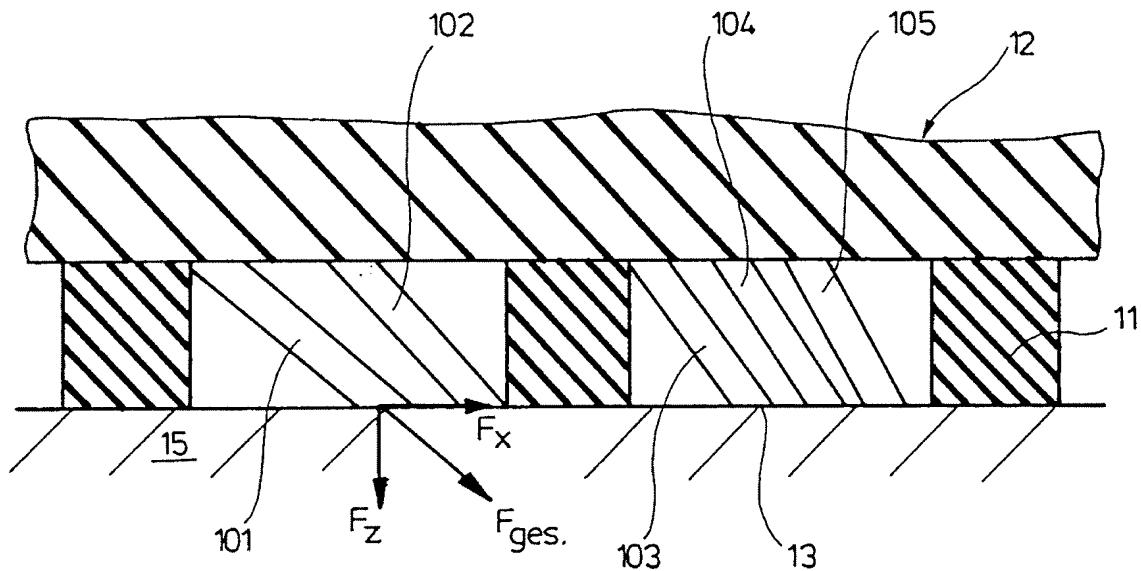


Fig. 3

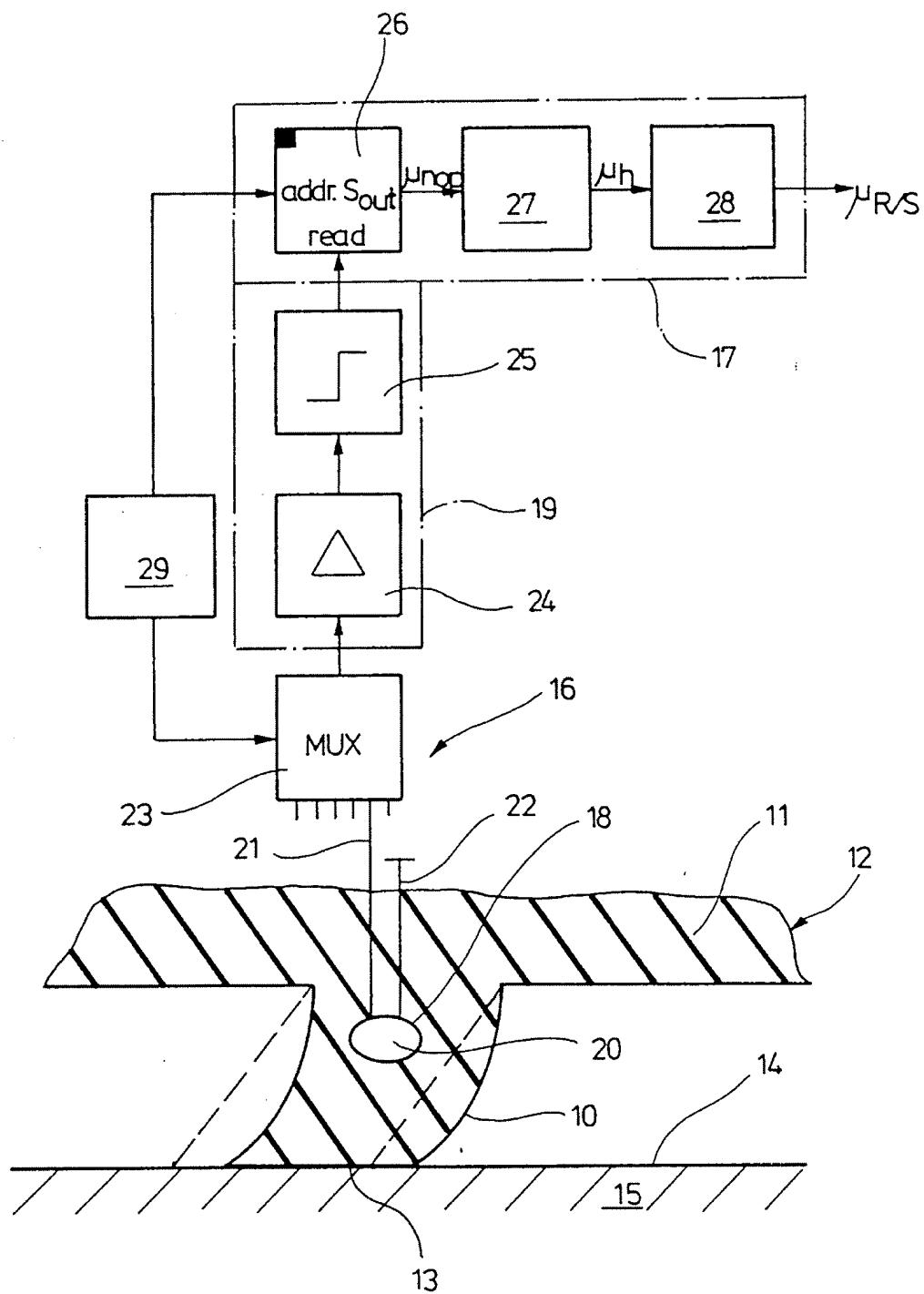


Fig. 2

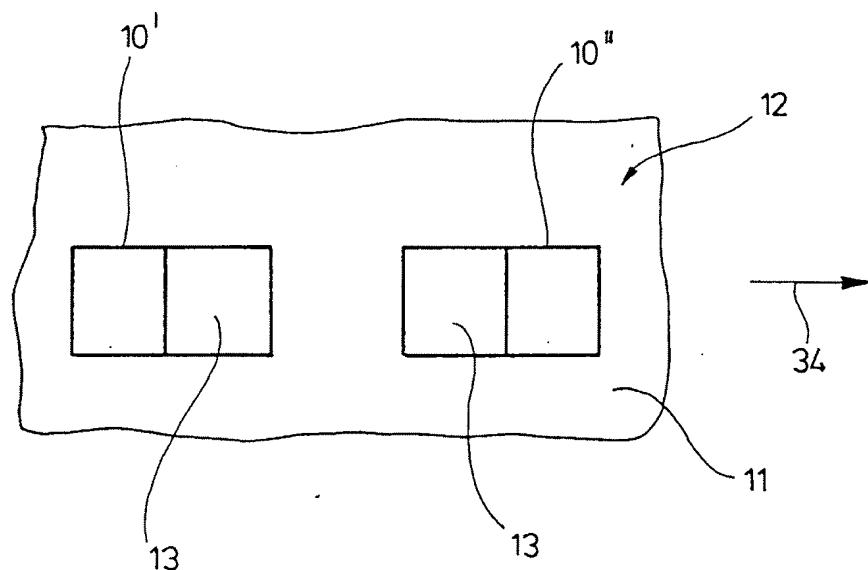
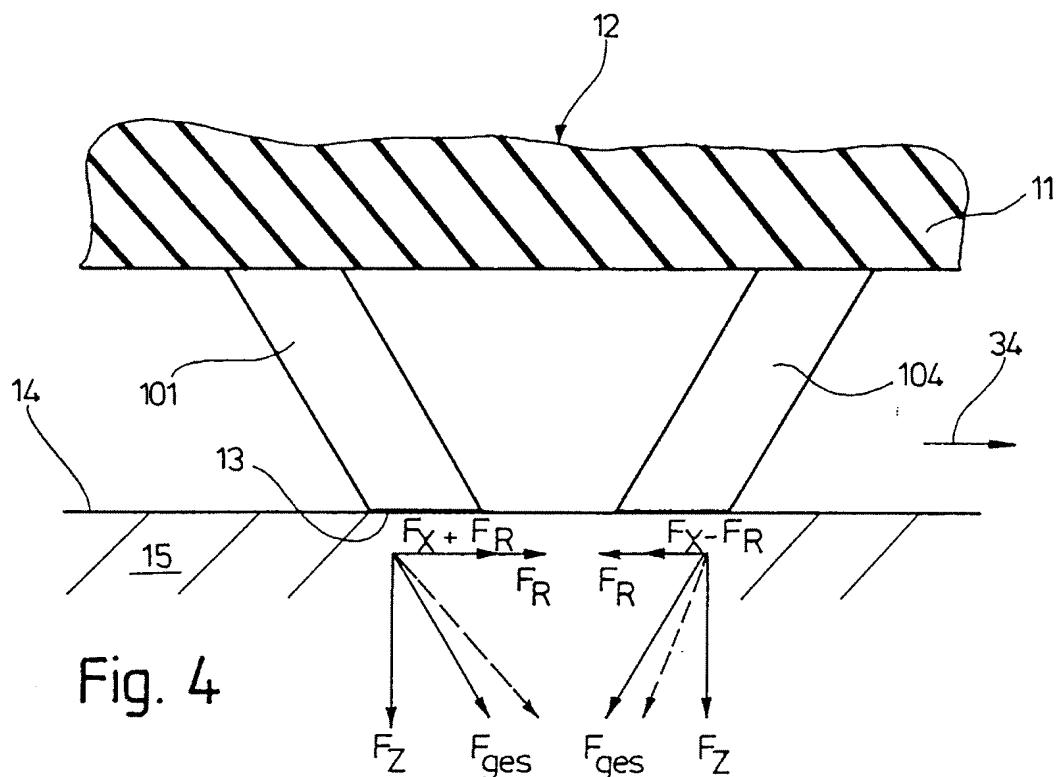


Fig. 5

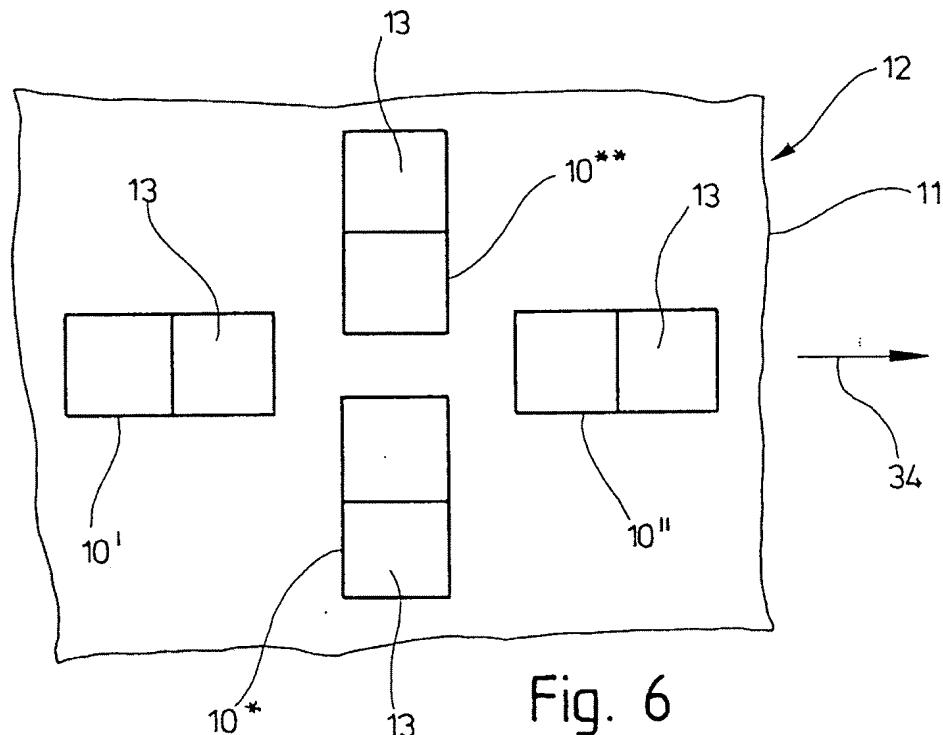


Fig. 6

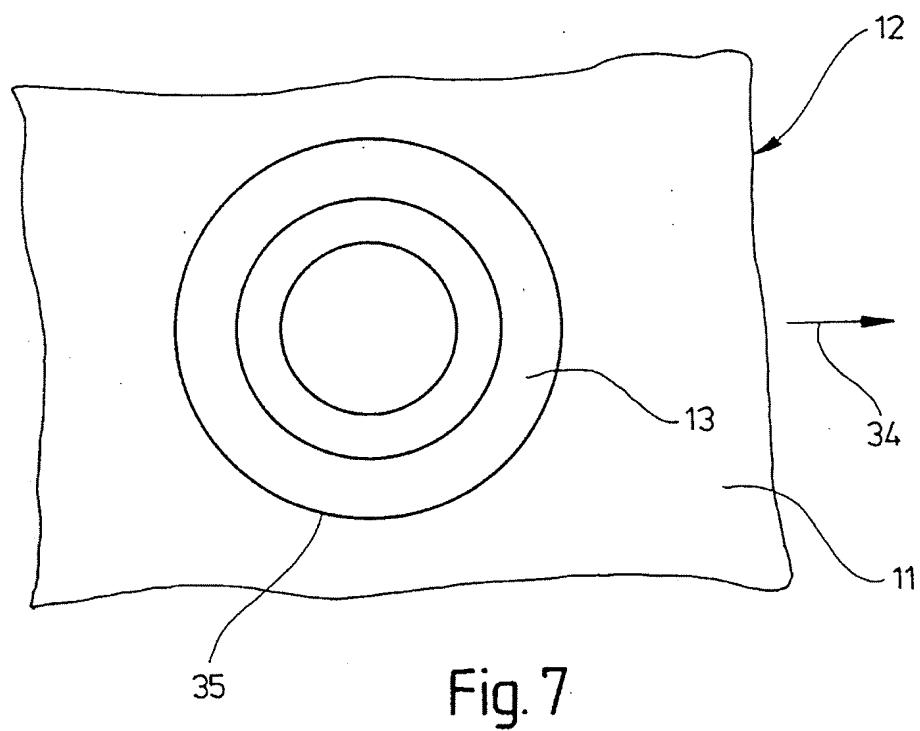


Fig. 7